

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-237084

(P2005-237084A)

(43) 公開日 平成17年9月2日(2005.9.2)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H02P 9/14

F02N 11/04

F I

H02P 9/14

H02P 9/14

F02N 11/04

C

F

A

テーマコード (参考)

5H590

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2004-41470 (P2004-41470)  
 (22) 出願日 平成16年2月18日 (2004.2.18)

(71) 出願人 000006013  
 三菱電機株式会社  
 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号  
 (74) 代理人 100073759  
 弁理士 大岩 増雄  
 (74) 代理人 100093562  
 弁理士 児玉 俊英  
 (74) 代理人 100088199  
 弁理士 竹中 孝生  
 (74) 代理人 100094916  
 弁理士 村上 啓吾  
 (72) 発明者 浅尾 淑人  
 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
 菱電機株式会社内

最終頁に続く

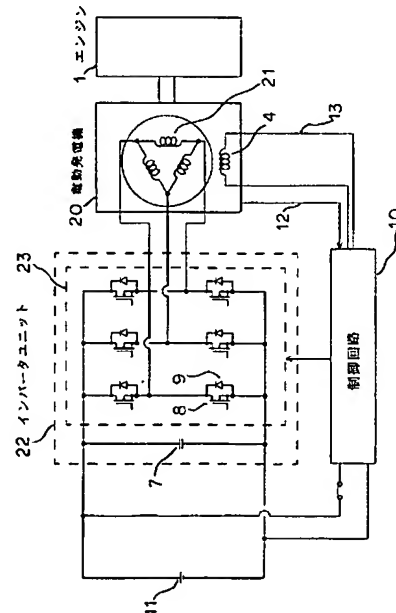
(54) 【発明の名称】 電動発電機の制御装置

(57) 【要約】

【課題】 発電時の低回転速度領域と高回転速度領域で異なる界磁電流制限値とすることで、設計の自由度を上げることができ、温度が高い発電時の  $I_{fg}$  を電動時の  $I_{fm}$  より小さくしたので連続運転しても安全である電動発電機の制御装置を得る。

【解決手段】 エンジン始動及び車両走行中の発電を行う電動発電機の制御装置において、エンジンを始動する電動時の界磁電流制限値  $I_{fm}$  > 発電時の界磁電流制限値  $I_{fg}$  であり、発電時は、昇圧駆動する低回転速度領域のインバータモードと、昇圧せずに発電電圧を整流し出力する高回転速度領域のオルタネータモードを有し、インバータモード発電時の界磁電流制限値  $I_{fgi}$  とオルタネータモード発電時の界磁電流制限値  $I_{fga}$  とを異ならせて設定し、大きい方を上記  $I_{fg}$  として設定するようにした。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

電機子巻線が巻装された固定子と界磁巻線が巻装されたクローポール形状の回転子を有する電動発電機、上記電機子巻線と電力授受するインバータユニット、

上記界磁巻線に流れる界磁電流を制御する界磁回路、上記インバータユニットと上記界磁回路を制御する制御回路を有し、エンジン始動及び車両走行中の発電を行う電動発電機の制御装置において、

エンジンを始動する電動時の界磁電流制限値  $I_{fm}$  > 発電時の界磁電流制限値  $I_{fg}$  であり、

発電時は、昇圧駆動する低回転速度領域のインバータモードと、昇圧せずに発電電圧を整流し出力する高回転速度領域のオルタネータモードを有し、

インバータモード発電時の界磁電流制限値  $I_{fgi}$  とオルタネータモード発電時の界磁電流制限値  $I_{fga}$  とを異ならせて設定し、

大きい方を上記  $I_{fg}$  として設定するようにしたことを特徴とする電動発電機の制御装置。

10

## 【請求項 2】

オルタネータモード発電時の上記界磁電流制限値  $I_{fga} \geq$  インバータモード発電時の上記界磁電流制限値  $I_{fgi}$  と設定し、発電時の上記界磁電流制限値  $I_{fg}$  はオルタネータモード発電時の上記界磁電流制限値  $I_{fga}$  で設定するようにした請求項 1 記載の電動発電機の制御装置。

20

## 【請求項 3】

インバータモード発電時の上記界磁電流制限値  $I_{fgi} \geq$  オルタネータモード発電時の上記界磁電流制限値  $I_{fga}$  と設定し、発電時の上記界磁電流制限値  $I_{fg}$  はインバータモード発電時の上記界磁電流制限値  $I_{fgi}$  で設定するようにした請求項 1 記載の電動発電機の制御装置。

## 【請求項 4】

昇圧駆動する低回転速度領域のインバータモード発電時における最大発電時の上記界磁電流制限値を  $I_{fgi}$  とし、上記  $I_{fgi}$  は、回転速度の関数であり、

各回転速度における発電量が、その回転速度における最大発電量を下回るときの界磁電流  $I_{fgip}$  を、 $I_{fgi} > I_{fgip}$  とした速度領域を有することを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 3 のいずれか 1 項に記載の電動発電機の制御装置。

30

## 【請求項 5】

昇圧駆動する上記低回転速度領域は、低負荷時に昇圧しない領域があり、このときの界磁電流はオルタネータモード発電時の界磁電流制限値  $I_{fga}$  以上である請求項 1 又は請求項 3 記載の電動発電機の制御装置。

## 【請求項 6】

クローポール形状の回転子は、界磁補助用永久磁石を有する請求項 1 ~ 請求項 5 のいずれか 1 項に記載の電動発電機の制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

40

## 【0001】

この発明は、エンジン（内燃機関）の始動、発電に使用される電動発電機の制御装置に関し、特に界磁巻線に流れる界磁電流の制御に係わるものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

特許文献 1 には、電動時と発電時の界磁電流最大値を異なる値に設定することが示されている。

## 【0003】

【特許文献 1】特開 2002-191195 号公報

【特許文献 2】特表 2002-530040 号公報

50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1では、発電時の界磁電流を、発電時の回転子温度、モータ時の界磁電流、界磁抵抗、始動時間、回転子の熱容量などの多数のパラメータから決める必要があった。例えば、回転子の熱容量などは、電動発電機が決まれば必然的に決まってしまうが、始動時間などは、エンジンの状態、例えばシリンダ温度、クランク各初期位置などにより運転中に変動するものであり、あらかじめ決定することは不可能であり、界磁電流の最大値をあらかじめ決定することは不可能であった。

この発明は、上記のような問題点を解消するためになされたもので、界磁電流制限値を容易に設定する電動発電機の制御装置を得ることを目的とする。 10

【課題を解決するための手段】

【0005】

この発明に係る電動発電機の制御装置は、電機子巻線が巻装された固定子と界磁巻線が巻装されたクローボール形状の回転子を有する電動発電機、上記電機子巻線と電力授受するインバータユニット、上記界磁巻線に流れる界磁電流を制御する界磁回路、上記インバータユニットと上記界磁回路を制御する制御回路を有し、エンジン始動及び車両走行中の発電を行う電動発電機の制御装置において、エンジンを始動する電動時の界磁電流制限値  $I_{fm}$  > 発電時の界磁電流制限値  $I_{fg}$  であり、発電時は、昇圧駆動する低回転速度領域のインバータモードと、昇圧せずに発電電圧を整流し出力する高回転速度領域のオルタネータモードを有し、インバータモード発電時の界磁電流制限値  $I_{fgi}$  とオルタネータモード発電時の界磁電流制限値  $I_{fga}$  とを異ならせて設定し、大きい方を上記  $I_{fg}$  として設定するようにしたものである。 20

【発明の効果】

【0006】

この発明の電動発電機の制御装置によれば、発電時の一方の領域の界磁電流制限値を決めるだけで両領域で品質が保てる電動発電機の制御装置の設計が可能となる。また、発電時の低回転速度領域と高回転速度領域で異なる界磁電流制限値とすることで、設計の自由度を上げることができ、温度が高い発電時の  $I_{fg}$  を電動時の  $I_{fm}$  より小さくしたので連続運転しても安全である。 30

【発明を実施するための最良の形態】

【0007】

実施の形態1.

図1はこの発明の実施の形態1に係る電動発電機の制御装置を示す概念図である。図において、電動発電機20はベルト駆動式電動発電機であり、固定子の電機子巻線21と、回転子の界磁巻線4とを備え、回転子がエンジン1の回転軸とベルト（図示せず）により連結されている。ここでは、電機子巻線21は3相のコイルをΔ結線して構成されている。インバータユニット22は、複数のスイッチング素子8と各スイッチング素子8に並列に接続されたダイオード9とからなるインバータモジュール23と、インバータモジュール23に並列に接続されたコンデンサ7とを備えている。このコンデンサ7は、インバータモジュール23を流れる電流を平滑する役割を有している。 40

【0008】

インバータモジュール23は、並列に接続されたスイッチング素子8およびダイオード9の2組を直列に接続したものを、並列に3つ配列し、それらの素子8, 9を一体にパッケージに封入して構成されている。そして、電機子巻線21の各Δ結線端部が、直列に接続されたスイッチング素子8の中間点にそれぞれ接続されている。13は界磁巻線4の界磁電流を制御する界磁回路である。インバータモジュール23は、スイッチング素子8のスイッチング動作が制御回路10により制御される。界磁回路13の界磁電流は制御回路10で制御される。回転信号12が制御回路10に導入されている。そして、電動発電機20は、バッテリー11からインバータユニット22を介して電力が供給されて始動電動機 50

として動作し、エンジン 1 を始動させる。また、電動発電機 20 は、エンジン 1 の始動後、エンジン 1 により回転駆動されて交流発電機として動作し、三相交流電圧を発生し、インバータユニット 22 を介してバッテリー 11 に蓄電される。

【0009】

次に、電動発電機の制御装置の動作について説明する。制御回路 10 が各スイッチング素子 8 を ON/OFF 制御し、バッテリー 11 の直流電力から三相交流電力を発生させる。この三相交流電力が電動発電機 20 の電機子巻線 21 に供給され、回転子の界磁巻線 4 に回転磁界が与えられ、回転子が回転駆動される。そして、回転子の回転力がプーリおよびベルトを介してエンジン 1 に伝達され、エンジン 1 が回転駆動され、始動される。そして、エンジン 1 が始動されると、エンジン 1 の回転力がベルトおよびプーリを介して電動発電機 20 に伝達される。

10

【0010】

これにより回転子が回転駆動され、電機子巻線 21 に三相交流電圧が誘起される。制御回路 10 は、電動発電機 20 からの回転信号 12 に基づいて、回転子の回転速度をモニターしており、回転速度が所定の速度（例えば 2000 r/min）未満（低回転速度領域）のときに、各スイッチング素子 8 を ON/OFF 制御し、インバータモード（昇圧駆動するモード）により電動発電機 20 を発電させる。この低回転速度領域のインバータモードでは、インバータモジュール 23 の各スイッチング素子 8 を ON/OFF 制御し、昇圧駆動している。

【0011】

20

そして、回転速度が所定の速度（例えば 2000 r/min）以上（高回転速度域）となったときに、各スイッチング素子 8 を OFF とし、オルタネータモード（昇圧せずに発電電圧を整流出力するモード）により電動発電機 20 を発電させる。これにより、インバータモジュール 23 は直列接続された 2 つのダイオード 9 の組が並列に 3 組接続された三相全波整流回路となり、電機子巻線 21 に誘起された三相交流電圧がインバータユニット 22 により直流に整流される。整流された直流電力によりバッテリー 11 が充電される。

【0012】

図 2 は実施の形態 1 に係る電動発電機の制御装置の構成断面図である。なお、各図中で同一符号は同一又は相当部分を示す。電動発電機 20 はシャフト 41 に固着されてフロントブラケット 43 およびリヤブラケット 44 に回転自在に装着されたクローポール形状の回転子 40 と、フロントブラケット 43 およびリヤブラケット 44 の側端部に挟持されて回転子 40 を囲繞するように配設された固定子 42 と、回転子 40 の軸方向の両端面に固着されたファン 45 と、シャフト 41 のフロント側の端部に固着されたプーリ 46 と、シャフト 41 のリヤ側外周に位置するようにリヤブラケット 44 の内壁面に配設されたブラシホルダ 47 と、シャフト 41 のリヤ側に装着された一対のスリップリング 49 に摺接するようにブラシホルダ 47 内に配設された一対のブラシ 48 とを備えている。

30

【0013】

そして、この電動発電機 20 は、プーリ 46 およびベルト（図示せず）を介してエンジン 1 に連結されている。また、吸気孔 43a、44a がフロントブラケット 43 およびリヤブラケット 44 の端面に穿設され、排気孔 43b、44b がフロントブラケット 43 およびリヤブラケット 44 の側面に穿設されている。回転子 40 には、ロータコアに界磁巻線 4 が巻装されている。固定子 42 には、電機子巻線 21 が巻装されている。

40

【0014】

そして、インバータユニット 22 は、スイッチング素子 8 からの発熱に起因する損失熱量を十分に受入れられる熱容量を持つように放熱設計されたヒートシンク 30 と、絶縁性樹脂によりヒートシンク 30 の外周部に一体に成形された樹脂成形部 31 と、スイッチング素子 8 を ON/OFF 制御する電子部品が実装された制御回路基板 32 と、電源端子 33 とを備えている。制御回路基板 32 を収納する収納空間を蓋 35 で密閉している。

【0015】

このような構成で、回転子 40 が回転駆動されると、ファン 45 が駆動される。これに

50

より、冷却風が吸気孔 43 a, 44 a からフロンとおよびリヤブラケット 43, 44 内に導入され、ファン 45 により遠心方向に曲げられて排気孔 43 b, 44 b から排出される冷却風の流れが形成される。そして、この冷却風により、電機子巻線 21 が冷却される。このとき、冷却風が、ヒートシンク 30 に沿って流れ、スイッチング素子 8 およびダイオード 9 で発生した熱が冷却風に放熱される。

#### 【0016】

図 3 は実施の形態 1 に係る電動発電機の制御装置の界磁電流制御ブロック図で、破線で示す枠内は制御回路 10 に含まれるものである。界磁回路 13 は、界磁巻線 4 と、ON/OFF 制御されるトランジスタ 14 と、フライホイールダイオード 15 を有し、界磁巻線 4 の界磁電流を所望値に調整する。界磁電流センサ 16 で測定された界磁電流は、減算器 17 に出力される。界磁電流リミッタ 18 は発電モード（後述）又は始動モードに応じた界磁電流指令値を減算器 17 に出力し、減算器 17 で、界磁電流センサ 16 で測定された界磁電流との差分を求める。デューティ制御回路 19 でその差分および差分の積分値に応じたデューティ制御によりトランジスタ 14 を ON/OFF 制御して、界磁巻線 4 の界磁電流が発電モード又は始動モードに応じた界磁電流指令値になるように制御する。

10

#### 【0017】

次に界磁巻線 4 を流れる界磁電流の制限値について述べる。エンジン始動に際しては、界磁電流は電源電圧、界磁抵抗、配線抵抗、その他スイッチング素子の電圧降下、ブラシ接触電圧降下などから決まる最大電流、又は、使用時の温度や劣化等によって下がり得る電流値を始動時の最大界磁電流としてあらかじめ決定しておき、この最大界磁電流を流す。

20

#### 【0018】

始動モードで界磁電流を流すと同時に、または少し遅れて、もしくは、界磁電流が安定してから電機子電流を流してエンジンを始動する。この際、界磁磁束と同じ方向の磁束を打ち消す電流、すなわち電機子の直軸電流  $I_d$  ( $< 0$ ) を流すことで、界磁磁束が大きく飽和していても大きな始動トルクが得られる。

しかし、界磁電流は、電源電圧、界磁巻線抵抗、温度上昇による界磁巻線抵抗の増加、配線抵抗その他によって制限されてしまうので、最悪条件において所望の界磁電流を得るために界磁巻線の線を太くする必要がある。したがって界磁巻線同士の接触面積が小さくなり、界磁巻線の熱伝達が悪くなり、界磁巻線の冷却性はエンジン始動を行わない発電機と比較して悪い。

30

#### 【0019】

エンジンの回転が上昇するに従い、界磁電流を減らすと高速回転速度でも比較的大きな駆動トルクが得られる。また、始動に際して、その回転速度でモータが出しうる最大トルクが必ずしも必要でないときは、界磁電流をさらに減らすことで、 $I_d$  の絶対値を減らすことができるので、銅損、界磁損が低減でき、効率の良い始動ができる。

#### 【0020】

回転速度やエンジンの着火信号などでエンジン始動を検出した後は、電動発電機は必要に応じて発電を開始する。発電時の界磁電流は、始動時のように極短時間流せばよいというものではないので、始動時の界磁電流制限値  $I_{fm}$  よりも小さい値で制限する必要がある。

40

#### 【0021】

エンジン回転速度が小さい低回転速度領域では、電動発電機の起電力が小さいため、その起電力を整流するだけではバッテリーを充電することができない。そこで、インバータのスイッチング素子を ON/OFF 制御し、負の  $q$  軸電流（界磁磁束と直交する磁束を作る電流）を流すことで昇圧駆動が可能となり、インバータモード発電が可能となる。つまり低回転速度領域では、回転信号 12 により、制御回路 10 はインバータユニット 22 の各スイッチング素子 8 を ON/OFF 制御し、インバータモード（昇圧駆動するモード）により電動発電機 20 を発電させる。しかしながら、回転速度が小さいため、クローポール磁極や、冷却ファンによる冷却風が少ないため、比較的小さな界磁電流で発電する。

50

## 【0022】

エンジンの回転速度が大きくなる（高回転速度領域になる）と、起電力が大きくなるため、インバータを用いて強制的に $q$ 軸電流を流さなくても発電が可能になる。このとき、インバータは、もっぱら交流電流を整流することに使われる。つまり高回転速度領域になると、回転信号12により、制御回路10はインバータユニット22の各スイッチング素子8をOFFし、オルタネータモード（昇圧せずに発電電圧を整流出力するモード）により電動発電機20を発電させる。

## 【0023】

高回転速度領域では、クローボール磁極や、冷却ファンによる冷却風が多く、冷却効率が良いので、比較的大きな界磁電流を流して大電流発電が可能である。しかし、限度を超えると、やはり温度が高くなって絶縁劣化を招くので、界磁電流制限値 $I_{fga}$ を設けるが、インバータモードを用いた発電時の界磁電流制限値 $I_{fgi}$ に比べ、大きな界磁電流制限値を用いることができる。界磁電流は、これら制限値で常に使われる必要はなく、接続された電気負荷に応じて、発電量を制御するため、制限値以下で適宜制御される。

10

## 【0024】

これら、界磁電流制限値は次のようにしてあらかじめ決定される。すなわち、電動発電機が使用される最高周囲温度にて、最大発電量を連続発電したとき、電動発電機の各部温度が別途定めた電動発電機の各部の最大温度を越えないように決定される。すなわち、各回転速度において、最大発電量、冷却能力が変化するが、これら条件の下で電動発電機の各部温度が絶縁物等で決まる別途定めた電動発電機の各部の最大温度を越えないように決定される。したがって、各回転速度毎に界磁電流制限値を設けても良いが、制御が煩雑になるため、発電モード、すなわち、インバータモード発電時とオルタネータモード発電時に分けて、個々のインバータモード発電時の界磁電流制限値 $I_{fgi}$ 、オルタネータモード発電時の界磁電流制限値 $I_{fga}$ を設けることで、電動発電機の各部の温度を設定値以下に保つことができ、信頼性の高い小型の電動発電機を得ることができる。

20

## 【0025】

図4は実施の形態1に係わる電動発電機の制御装置における発電出力特性図で、横軸は回転速度（ $r/min$ ）で、縦軸は出力電流（A）を示し、各モードの界磁電流制限値 $I_{fgi}$ 、 $I_{fga}$ での最大出力電流を表している。このときの界磁電流制限値は、例えば、始動する電動時 $I_{fm}=20A$ に対して、 $I_{fgi}=4\sim10A$ 、 $I_{fga}=4\sim10A$ である。要求仕様に応じた出力電流が得られるように界磁電流制限値 $I_{fga}$ を調整している。

30

## 【0026】

この発明では、エンジン始動及び車両走行中の発電を行う電動発電機の制御装置において、エンジンを始動する電動時の界磁電流制限値 $I_{fm}>$ 発電時の界磁電流制限値 $I_{fg}$ であり、発電時は、昇圧駆動する低回転速度領域のインバータモードと、昇圧せずに発電電圧を整流し出力する高回転速度領域のオルタネータモードを有し、インバータモード発電時の界磁電流制限値 $I_{fgi}$ とオルタネータモード発電時の界磁電流制限値 $I_{fga}$ とを異ならせて設定し、大きい方を上記 $I_{fg}$ として設定するようにしたものである。

## 【0027】

このようにすることにより、発電時の一方の領域の界磁電流制限値を決めるだけで両領域で品質が保てる電動発電機の制御装置の設計が可能となる。また、発電時の低回転速度領域と高回転速度領域で異なる界磁電流制限値とすることで、設計の自由度を上げることができ、発電時の $I_{fg}$ を電動時の $I_{fm}$ より小さくしたので連続発電運転しても安全である。

40

## 【0028】

また、この発明では、エンジンを始動する電動時の界磁電流制限値 $I_{fm}>$ 発電時の界磁電流制限値 $I_{fg}$ であり、インバータモード発電時の界磁電流制限値 $I_{fgi}$ とオルタネータモード発電時の界磁電流制限値 $I_{fga}$ とを異ならせ、オルタネータモード発電時の上記界磁電流制限値 $I_{fga}\geq$ インバータモード発電時の上記界磁電流制限値 $I_{fgi}$

50

と設定し、発電時の上記界磁電流制限値  $I_{fg}$  はオルタネータモード発電時の上記界磁電流制限値  $I_{fga}$  で設定するようにしたものである。

【0029】

このようにすることにより、クローボール形状では回転子形状が爪形であるため、高回転速度領域での冷却性能が向上する。したがって  $I_{fg}$  を高回転速度領域で設定するのが電動発電機の熱的な制約にとって望ましい。さらに、低回転速度領域では、インバータで昇圧駆動するために昇圧せずに発電する以上に電機子電流が流れる場合があり、熱的に非常に厳しくなるため、低回転速度領域での界磁電流を小さくするのがよい。

【0030】

実施の形態2.

10

電動発電機はエンジン始動時の界磁電流を大きくするために、発電のみに使用する発電機と比較して界磁巻線の線径が太く巻き数が少ない。したがって、同じ発電量を得るにも界磁巻線のアンペア回数を同等にするには、大きな界磁電流を流す必要がある。電機子巻線の巻き数が発電機ベースの設計よりも小さくなる。ところが、界磁電流は、バッテリーなどの電源から、配線、ブラシ、スリップリング、界磁電流制御トランジスタ(MOSFET)などを流れる。とりわけ、ブラシは、電流が大きくスリップリングとの摺動速度が大きいと摩耗量が大きくなり、摩耗が進行するとついには界磁電流を流せなくなる。

【0031】

したがって、特に高回転速度領域で運転されるオルタネータモード発電時での界磁電流制限値  $I_{fga}$  をインバータモード発電時の界磁電流制限値  $I_{fgi}$  より小さく設定することで、ブラシ摩耗を少なくし、電動発電機の寿命を大きくする電動発電機の制御装置が望まれる場合がある。

20

アイドルストップシステムでは通常エンジンは停止しており、このときは界磁電流は流されない。インバータモード発電が行われる低回転速度領域では、エンジンが停止されない場合もアイドル回転速度で運転されている時間はわずかであるので、ブラシの摩耗がことさら大きくなることはない。

【0032】

そのため、実施の形態2では、インバータモード発電時の界磁電流制限値  $I_{fgi} \geq$  オルタネータモード発電時の界磁電流制限値  $I_{fga}$  と設定し、発電時の界磁電流制限値  $I_{fg}$  はインバータモード発電時の上記界磁電流制限値  $I_{fgi}$  で設定するようにした。

30

【0033】

このように設定することにより、実施の形態2をアイドルストップシステムとして使用すると、アイドル時はエンジンを停止して無発電となるため、これを補うために発電量が増える。したがって、ブラシ摩耗が多い高回転速度領域の界磁電流制限値  $I_{fga}$  を低回転速度領域の界磁電流制限値  $I_{fgi}$  より小さく設定することで、ブラシ摩耗を少なくし、高寿命の電動発電機を得ることができる。低回転速度領域では、エンジンが停止されない場合もアイドル回転速度で運転されている時間はわずかであるので、ブラシの摩耗の心配はない。

【0034】

実施の形態3.

40

図5は実施の形態3に係る電動発電機の制御装置の界磁電流制御ブロック図である。界磁電流指令器28は発電モードに対して、発電量指令と回転速度に応じた制限値を超えない最適界磁電流指令を出力する。図6は実施の形態3に係る電動発電機の制御装置による各回転速度における発電量に対する最適界磁電流を示す特性図である。回転速度は500~3000r/minで、各速度をパラメータとして、発電量に対する最適界磁電流を示している。

【0035】

図7は実施の形態3に係る電動発電機の制御装置による回転速度1000r/minにおいて、発電量指令に対する最適の電機子の直軸電流  $I_d$ 、横軸電流  $I_q$ 、界磁電流  $I_f$  指令を示す特性図である。図8は実施の形態3に係る電動発電機の制御装置によるエンジン始

50

動時の回転速度に対する電機子の直軸電流  $I_d$ 、横軸電流  $I_q$ 、界磁電流  $I_f$  指令を示す特性図である。図9は実施の形態3に係る電動発電機の制御装置による回転速度  $650\text{r/min}$  において、始動トルク指令に対する最適の電機子の直軸電流  $I_d$ 、横軸電流  $I_q$ 、界磁電流  $I_f$  指令を示す特性図である。

#### 【0036】

図8に示すように、エンジン始動時、電動発電機の回転速度が低いときは電圧、電流から制約される最大の界磁電流が流され電機子に横軸電流  $I_q$ 、直軸（縦軸）電流  $I_d$  が流されて回転を開始する。回転速度が上昇すると、直軸電流  $I_d$  は負の値で、絶対値としては増加すると共に、界磁電流も小さくする。これにより高回転速度でも高出力が得られる。また、始動に必要なトルクがこの電動発電機の最大トルクほど必要でない場合は、トルク指令値を下げると共に、界磁電流も小さくすると効率がよくなる。

10

#### 【0037】

オルタネータモード発電時は、発電量の調整はもっぱら界磁電流の値を制御することによって実現される。すなわち、DC電圧が高いときは、発電量が負荷に対して大き過ぎるためであり、発電量を小さくするために界磁電流を小さくし、逆にDC電圧が低いときは発電量が電気負荷に対して不足しているためであり、界磁電流の制限範囲内で界磁電流を増加して発電量を増やす。

#### 【0038】

インバータモード発電時は、発電量の制御は、界磁電流または、電機子電流によって制御することが可能である。発明者は、回転速度、端子電圧、界磁電流、電機子電流値、電機子電流位相を様々に変化させて、発電特性のデータを採取し、発電量が小さいところでは、界磁電流一定で電機子電流のみによって発電量を減らすより、界磁電流を低下させてさらに電機子電流値、電機子電流位相を変化させて発電量を制御する方が効率が良くなることを見いだした。これによると、ある回転速度領域以下では、特許文献2のように発電量が低下しても界磁電流を常に一定に保つ方が良いような領域は存在せず、発電量が低下した場合は界磁電流を減らす方が効率がよい。

20

#### 【0039】

実施の形態3では、昇圧駆動する低回転速度領域のインバータモード発電時における最大発電時の界磁電流制限値を  $I_{fgi}$  とし、上記  $I_{fgi}$  は、回転速度の関数であり、各回転速度における発電量が、その回転速度における最大発電量を下回るときの界磁電流  $I_{fgip}$  を、 $I_{fgi} > I_{fgip}$  とした速度領域を有するようにしたものである。

30

#### 【0040】

このようにすることにより、部分負荷時に界磁電流を低減することで、効率向上、電磁音低減ができる。発電量指令が小さいとき、界磁電流を低減するので、電磁騒音が小さくなる。クローポールに永久磁石を持つ回転子では、特にエアギャップの磁束密度が高くなるので、電磁騒音が大きい。低出力時に界磁電流を弱めることで、電磁騒音の低減効果が大きくなる。

#### 【0041】

クローポール形状の回転子は、界磁補助用永久磁石を有している。

永久磁石を付加した場合、出力が大きいので、低出力時に界磁を弱めることで、電磁音低減が可能となる。所定温度圏以上に上昇しないようにすることにより、磁石の温度上昇による不可逆減磁を防止することができる。

40

#### 【0042】

実施の形態4.

実施の形態3においては、昇圧駆動する低回転速度領域のある回転速度領域で、低負荷時に界磁電流を低減しているが、この領域において界磁電流をオルタネータモード発電時の界磁電流制限値  $I_{fga}$  以上に増加し、昇圧駆動発電をやめてもよい。この場合、界磁電流は増加するが、電機子電流が減るので効率が向上する。図10は実施の形態4に係る電動発電機の制御装置における発電出力特性図で、横軸は回転速度 ( $\text{r/min}$ ) で、縦軸は出力電流 (A) を示す。低負荷時であるハッチングで示す領域は、昇圧しない領域

50



であり、このときの界磁電流はオルタネータモード発電時の界磁電流制限値  $I_{fga}$  以上である。

【産業上の利用可能性】

【0043】

この発明は、内燃機関の始動、発電に使用される界磁電流の制御に係わる電動発電機の制御装置に適用して好適である。

【図面の簡単な説明】

【0044】

【図1】この発明の実施の形態1に係る電動発電機の制御装置を示す概念図である。

【図2】実施の形態1に係る電動発電機の制御装置の構成断面図である。

10

【図3】実施の形態1に係る電動発電機の制御装置の界磁電流制御ブロック図である。

【図4】実施の形態1に係る電動発電機の制御装置における発電出力特性図である。

【図5】実施の形態3に係る電動発電機の制御装置の界磁電流制御ブロック図である。

【図6】実施の形態3に係る電動発電機の制御装置による各回転速度における発電量に対する最適界磁電流を示す特性図である。

【図7】実施の形態3に係る電動発電機の制御装置による回転速度  $1000\text{r/min}$  の発電量に対する最適の電機子の直軸電流  $I_d$ 、横軸電流  $I_q$ 、界磁電流  $I_f$  を示す特性図である。

【図8】実施の形態3に係る電動発電機の制御装置によるエンジン始動時の回転速度に対する電機子の直軸電流  $I_d$ 、横軸電流  $I_q$ 、界磁電流  $I_f$  を示す特性図である。

20

【図9】実施の形態3に係る電動発電機の制御装置による回転速度  $650\text{r/min}$  の始動トルク指令に対する最適の電機子の直軸電流  $I_d$ 、横軸電流  $I_q$ 、界磁電流  $I_f$  を示す特性図である。

【図10】実施の形態4に係る電動発電機の制御装置における発電出力特性図である。

【符号の説明】

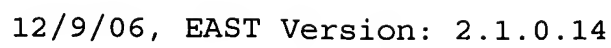
【0045】

1 エンジン	4 界磁巻線
7 コンデンサ	8 スイッチング素子
9 ダイオード	10 制御回路
11 バッテリ	12 回転信号
13 界磁回路	14 トランジスタ
15 フライホイールダイオード	16 界磁電流センサ
17 減算器	18 界磁電流リミッタ
19 デューティ制御回路	20 電動発電機
21 電機子巻線	22 インバータユニット
23 インバータモジュール	28 界磁電流指令器
30 ヒートシンク	31 樹脂成形部
32 制御回路基板	33 電源端子
35 蓋	40 回転子
41 シャフト	42 固定子
43 フロントブラケット	44 リヤブラケット
45 ファン	46 プーリ
47 ブラシホルダ	49 スリップリング。

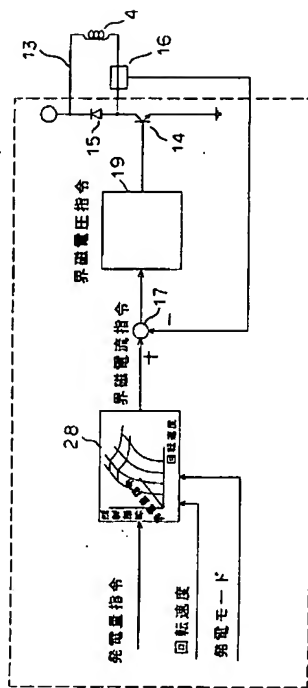
30

40

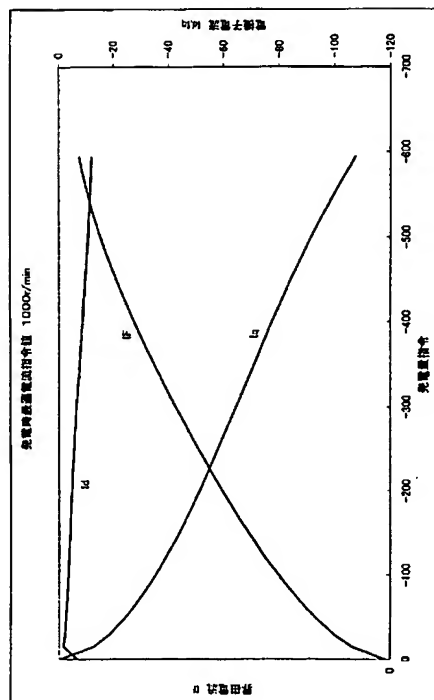
【図 1】



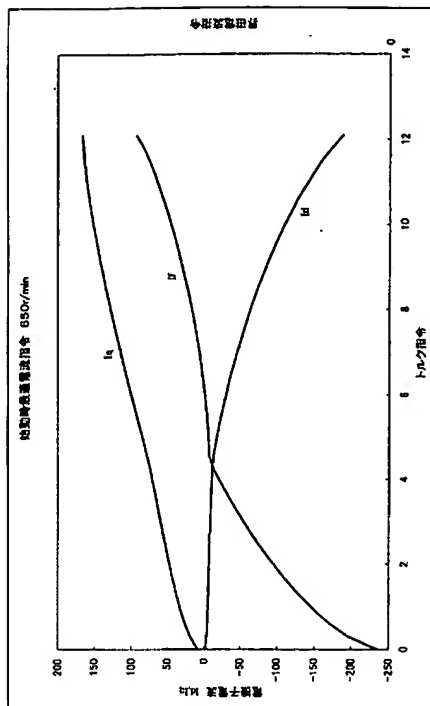
【 図 5 】



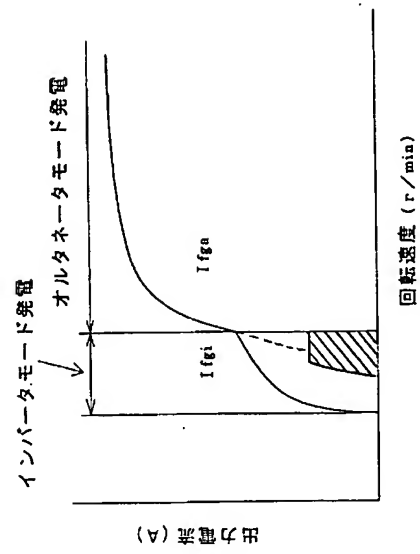
【图 7】



【図 9】



【図 10】



---

フロントページの続き

(72)発明者 西村 慎二

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

F ターム(参考) 5H590 AA01 AB06 CA07 CB10 CC04 CC18 CC24 CC29 CD03 CE05  
DD25 DD38 EA01 FA06 FB02 FB07 FC12 GA05 GB07 HA05  
HA27 HB20